

## ИЗМЕРЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОМЕНТА ТРЕНИЯ ПРИБОРНЫХ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ ВРЕМЕННЫМ МЕТОДОМ

В. А. КАСПЛЕР, Э. Ф. КОЛОТИЙ, И. Г. ЛЕЩЕНКО

(Представлена научным семинаром факультета автоматики и вычислительной техники)

Предлагается разработанный на кафедре электроизмерительной техники Томского политехнического института временный метод измерения динамического момента трения приборных шарикоподшипников при вертикальном расположении оси подшипника и наличии осевой нагрузки. Суть метода заключается в следующем.

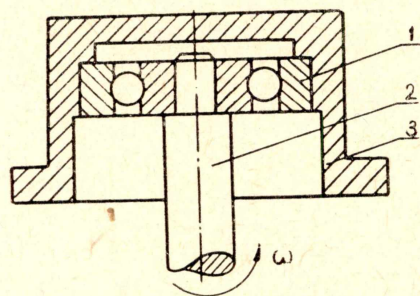


Рис. 1. Схема подвижной части.

Если вал 2 (рис. 1) вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega$ , а наружное кольцо испытуемого подшипника 1 вместе с надетым на него маховиком 3 стоит неподвижно, то на подвижную часть устройства (наружное кольцо — маховик) действует динамический момент трения подшипника, увлекающий подвижную часть в направлении вращения. Как известно, для системы, имеющей одну степень свободы (подвижная часть), справедливо равенство

$$\Sigma M = 0, \quad (1)$$

где  $\Sigma M$  — алгебраическая сумма вращающих и противодействующих моментов, действующих на систему.

В рассматриваемом случае моменту трения  $M_{тр}$ , являющемуся вращающим, противодействие оказывают только силы, обусловленные наличием определенного момента инерции  $I$  подвижной части. Тогда равенство (1) для нашего случая примет вид

$$I \frac{d^2\alpha}{dt^2} - M_{тр} = 0$$

или

$$I \frac{d^2\alpha}{dt^2} = M_{тр}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  — угол отклонения подвижной части.

Из (2) определяется угловое ускорение подвижной части

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} = \frac{M_{тр}}{I}. \quad (3)$$



Таким образом, измеряя угловое ускорение подвижной части и используя равенство (3), можно определить момент трения испытуемого подшипника.

Однако измерение малых угловых ускорений представляет значительные трудности, поэтому предлагается измерять время поворота подвижной части на определенный угол и по нему судить о моменте трения. Этот вывод вытекает из следующих рассуждений.

Проинтегрируем равенство (3), тогда получим

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{M_{\text{тр}}}{I} t + C_1, \quad (4)$$

где  $C_1$  — постоянная интегрирования.

Принимая  $C_1 = 0$  (начальная скорость движения подвижной части равна нулю), из равенства (4) путем интегрирования находим

$$\alpha = \frac{M_{\text{тр}}}{I} t^2 + C_2, \quad (5)$$

где  $C_2$  — постоянная интегрирования.

При условии, что  $C_2 = 0$  (начальный угол отклонения подвижной части равен нулю), равенство (5) примет вид

$$\alpha = \frac{M_{\text{тр}}}{I} t^2. \quad (6)$$

Отсюда

$$M_{\text{тр}} = \frac{\alpha I}{t^2}, \quad (7)$$

где  $\alpha$  — угол, на который повернется подвижная часть от начального нулевого положения за время  $t$ .

Выбрав угол поворота  $\alpha$  постоянным и измеряя время  $t$ , за которое подвижная часть повернется на угол  $\alpha$  под действием момента  $M_{\text{тр}}$ , можно, используя выражение (7), определить динамический момент трения испытуемого подшипника. Чем меньше момент трения подшипника, тем за большее время подвижная часть повернется на угол  $\alpha$ .

Измерение времени поворота электрическими методами не представляет трудности, причем производиться оно может с очень высокой точностью (обычный электрический вибрационный секундомер обеспечивает точность измерения 0,02 сек). Измерение угла поворота  $\alpha$  при неизменном времени  $t$ , как это делается в некоторых существующих приборах [1, 2], нам представляется менее целесообразным, поскольку в этом случае резко снижается точность измерений.

Графически зависимость  $M_{\text{тр}}$  от  $t$  при постоянном значении момента инерции  $I$  подвижной части представлена на рис. 2 (кривые 2, 3, 4). Изменяя фиксированный угол  $\alpha$  отклонения подвижной части, можно подобрать оптимальное значение этого угла, при котором получается высокая точность измерения и достаточно большая производительность. Из рис. 2 видно, что измерение малых моментов трения подшипника можно производить с большой точностью, поскольку незначительному изменению момента соответствуют большие изменения времени отклонения подвижной части на определенный угол.

Для сравнения кривая 1 показывает зависимость  $M_{\text{тр}}$  от  $t$  при моменте инерции  $I$  в 10 раз меньшем.



При неизменном моменте инерции  $I$  подвижной части шкала прибора, измеряющего время отклонения  $t$ , может быть проградуирована непосредственно в единицах измеряемого момента трения.

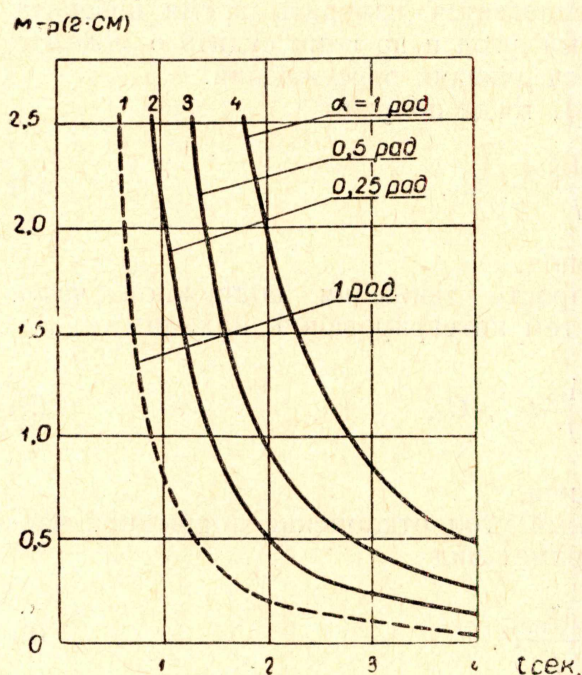


Рис. 2. Зависимость  $M_{тр}$  от  $t$  при различных фиксированных углах поворота подвижной части.

Данный метод позволяет измерять момент трения подшипника при любых скоростях вращения, кроме очень малых, поскольку при малых скоростях вращения кольцо подшипника не успевает сделать полный оборот и поэтому подвижная часть повернется на фиксированный угол не под действием среднего динамического момента трения подшипника, а под действием момента, который может быть как меньше, так и больше среднего момента трения.

Изложенный метод был испытан на макете, в состав которого входила подвижная часть с испытуемым шарикоподшипником (рис. 1), фотореле, срабатывающее при повороте подвижной части на угол 0,5 рад, и электросекундомер, включаемый и выключаемый контактами фотореле. Измерение времени произво-

дилось с точностью 0,02 сек. Работа макета была удовлетворительной при скоростях вращения более 60 об/мин.

Таким образом, временной метод измерения момента трения приборных шарикоподшипников является весьма точным и перспективным с точки зрения разработки и создания на его основе полуавтоматических и автоматических установок для контроля выпускаемых подшипников по моменту трения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Б. Бруевич, З. М. Брейтман, Ю. М. Резников. Технические измерения в шарикоподшипниковой промышленности. Машгиз, 1963.
2. Р. М. Матвеевский. Исследование трения в приборных шарикоподшипниках. Машгиз, 1957.